



②① Aktenzeichen: 101 57 120.8
②② Anmeldetag: 21. 11. 2001
④③ Offenlegungstag: 27. 6. 2002

⑥⑥ Innere Priorität:
100 59 019. 5 28. 11. 2000

⑦① Anmelder:
FEV Motorentechnik GmbH, 52078 Aachen, DE

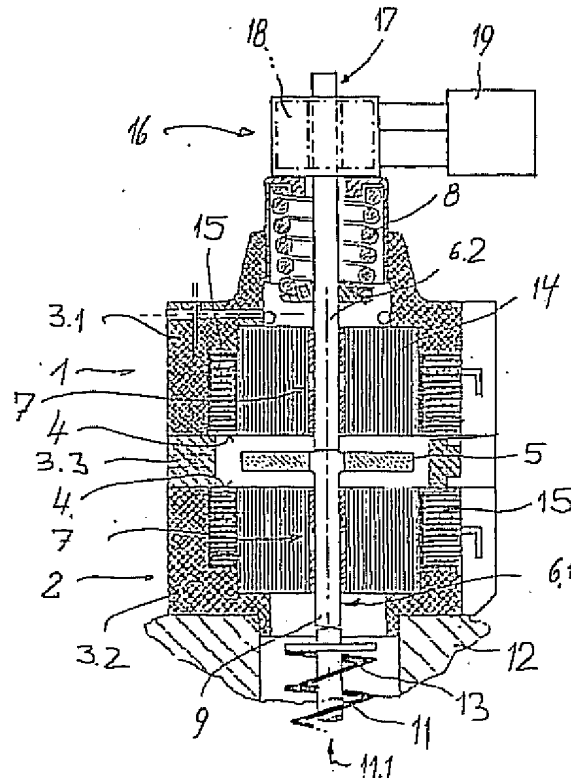
⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Maxton Langmaack & Partner, 50968
Köln

⑦② Erfinder:
Boie, Christian, Dr.-Ing., 52064 Aachen, DE; Kather,
Lutz, Dipl.-Ing., 52146 Würselen, DE; Kemper, Hans,
Dipl.-Ing., 52080 Aachen, DE; Asmus, Günther,
52445 Titz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Sensoranordnung zur Erfassung der Bewegung eines Ankers mit Unterdrückung von Störspannungen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung zur Erfassung der Bewegung eines Ankers (5) an einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes, insbesondere zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrannkraftmaschine, mit einem aus einem weichmagnetischen Material bestehenden, axial bewegten stabförmigen Sensorteil (17), das mit einem Ring (23) aus elektrisch leitendem Material mit geringem ohmschen Widerstand versehen ist und das mit dem Stellelement in Verbindung steht, sowie mit einer feststehenden, den stabförmigen Sensorteil (17) zumindest über eine Teillänge umfassenden Spulenanordnung (18), die wenigstens zwei hintereinander angeordnete Spulen (18.1, 18.2) aufweist und die mit einer Spannungsversorgung und einer Signalerfassung (19) in Form einer Trägerfrequenzmeßbrücke in Verbindung steht, wobei der stabförmige Sensorteil (17) Mittel zur Verminderung von Störspannungen aufweist.



Beschreibung

[0001] Bei elektromagnetischen Aktuatoren zur Betätigung eines Stellgliedes, insbesondere zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine können über die Erfassung der Bewegung des Ankers zum einen Rückschlüsse über die tatsächlichen Bewegungsverhältnisse getroffen werden und zum anderen, hieraus abgeleitet, über die Bestromung der Elektromagneten zu Zwecken der Regelung Einfluß auf die Bewegung des Ankers und damit auf die Bewegung des zu betätigenden Stellgliedes genommen werden.

[0002] Zur Erfassung der Bewegung wird eine elektroinduktive Sensorik eingesetzt, die im wesentlichen aus einer feststehenden Spulenordnung und einem stabförmigen, hierzu relativ bewegbaren, mit dem Stellglied verbundenen Sensorteil besteht, der mit einem sogenannten Wirbelstromring versehen ist. Die aus wenigstens zwei axial hintereinander angeordneten Spulen bestehende Spulenordnung wird mit einem hochfrequenten Wechselstrom beaufschlagt, so daß Relativbewegungen des Kurzschlußringes am stabförmigen Sensorteil gegenüber den Spulen infolge des im Kurzschlußring erzeugten magnetischen Gegenfeldes die elektrische Güte der Spulen verändern. Aus dieser bewegungsabhängigen Veränderung der Spulengüte ist die Bewegung als Signal ableitbar.

[0003] Entscheidend für die Genauigkeit dieser Sensorik ist es, daß im System vorhandene oder durch das System selbst erzeugte Störspannungen vermieden, zumindest jedoch soweit vermindert werden, daß eine störende Beeinflussung des erzeugten Signals bewirkt wird.

[0004] Bei einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine, bei der der Anker zwischen den einander zugekehrten, mit Abstand zueinander angeordneten Polflächen eines Öffner- und eines Schließmagnetes gegen die Kraft von Rückstellfedern hin und her bewegt wird, kommt der Anker in seiner jeweiligen Engstellung an der Polfläche zur Anlage. Die Anordnung ist hierbei so getroffen, daß dem Anker auf der Seite seines Schließmagneten ein mit der Öffnerfeder zusammenwirkender gesonderter Federbolzen zugeordnet ist, der sich lose, aber kraftschlüssig auf dem Anker abstützt.

[0005] Bei der Einleitung der Öffnungsbewegung findet aufgrund des vorhandenen Ventilspiels zwischen dem in Schließrichtung befindlichen Gaswechselventil und dem am Schließmagneten anliegenden Anker eine mechanische Anregung des stabförmigen Sensorteils, auch Meßstelze genannt, statt, die mit dem Federbolzen fest verbunden ist. Diese mechanische Stoßbeanspruchung verursacht hochfrequente Körperschallwellen innerhalb des Materials des Federbolzens und der damit verbundenen Meßstelze, die zwischen den Enden reflektiert werden und demzufolge hin- und herlaufen und Längsschwingungen verursachen. Diese Längsschwingungen werden der Bewegung der Meßstelze mit ihrem Kurzschlußring überlagert, so daß auch eine entsprechende Überlagerung in der Veränderung der Spulengüte stattfindet, die zu einer hochfrequenten Störspannung führt, die durch die üblicherweise verwendete Auswerteinrichtung in Form einer Trägerfrequenzmeßbrücke nicht unterdrückt werden kann, da die Arbeitsfrequenzen der Frequenzmeßbrücke einerseits und die Frequenzen der Störspannung nah beieinander liegen. Ein verwertbares Signal kann nicht erzielt werden.

[0006] Eine Führung der Speisespannung mit einer Erhöhung der Leistungsaufnahme um den Faktor 100 würde in bezug auf den Signalrauschabstand lediglich einen Gewinn

[0007] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Sensoranordnung zu schaffen, die zu einer deutlichen Verminderung der Störspannung führt.

[0008] Für eine Sensoranordnung zur Erfassung der Bewegung eines Ankers an einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes, insbesondere zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine, mit einem aus einem weichmagnetischen Material bestehenden axial bewegten stabförmigen Sensorteil, das mit einem Ring aus elektrisch leitendem Material mit geringem ohmschen Widerstand (Kurzschlußring) versehen ist und das mit dem Stellelement verbunden ist, sowie mit einer feststehenden, den stabförmigen Sensorteil zumindest über eine Teillänge umfassende Spulenordnung, die wenigstens zwei hintereinander angeordnete Spulen aufweist, und die mit einer Spannungsversorgung und einer Signalerfassung in Form einer Trägerfrequenzbrücke in Verbindung steht, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß der stabförmige Sensorteil Mittel zur Verminderung von Störspannungen aufweist.

[0009] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß zur Verminderung von Störspannungen Mittel zur Dämpfung von im stabförmigen Sensorteil sich ausbreitenden Körperschallwellen vorgesehen sind. Schon durch eine Dämpfung der Körperschallwellen wird eine deutliche Reduzierung von Störspannungen erreicht.

[0010] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist hierbei vorgesehen, daß als Mittel zur Dämpfung von Körperschallwellen das freie Ende des stabförmigen Sensorteils wenigstens eine zur Längsachse des stabförmigen Sensorteils geneigt verlaufende Endfläche aufweist. Durch eine derartige geneigt verlaufende Endfläche wird die Reflexion der sich im stabförmigen Sensorteil aufgrund von Stoßbeanspruchungen entstehenden Körperschallwellen deutlich vermindert. Die Länge der geneigten Endfläche entspricht zweckmäßig etwa dem Sechsfachen des Durchmessers des Sensorteils. Der sich hieraus ergebende spitze Winkel gegenüber der Längsachse des Sensorteils unterdrückt eine Reflexion der Körperschallwellen in Richtung auf das andere Ende des Sensorteils. Zweckmäßig ist ein konisch auslaufendes Endstück am Sensorteil.

[0011] In einer Abwandlung der Erfindung ist vorgesehen, daß als Mittel zur Dämpfung von Körperschallwellen eine axiale Ausnehmung am stabförmigen Sensorteil vorgesehen ist. Diese Ausnehmung kann zylindrisch, d. h. als einfache Längsbohrung ausgeführt sein, so daß der stabförmige Sensorteil zumindest im spulennahen Bereich rohrförmig ausgebildet ist. Besonders zweckmäßig ist es, wenn die axiale Ausnehmung konisch zulaufend ausgebildet ist. Auch hier kann die Länge der Ausnehmung insbesondere die Länge der konischen Ausnehmung zweckmäßig etwa das Sechsfache des Durchmessers des Stabteils betragen. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht in einer deutlichen Längenreduzierung.

[0012] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Ausnehmung mit einem magnetisch durchlässigen Material ausgefüllt ist, das einen anderen, vorzugsweise niedrigeren E-Modul aufweist als das Material des stabförmigen Sensorteils. Hierdurch wird die Schwingwilligkeit des stabförmigen Sensorteils deutlich reduziert, so daß die bei einer Stoßbeanspruchung verursachten Körperschallwellen sich innerhalb des stabförmigen Sensorteils nur noch eingeschränkt ausbreiten können.

[0013] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der aus einem weichmagnetischen Material bestehende stabförmige Sensorteil als Mittel zur Unterdrückung von Störspannungen gehärtet ist. Grundsätzlich soll

netischen Eigenschaften aus einem weichmagnetischen Material, insbesondere einem Eisenwerkstoff bestehen. Ein derartiges Material weist einen in bezug auf den Störabstand großen magnetostruktiven Effekt auf. Durch ein Härten des verwendeten Materials wird auf. Durch ein Härten des verwendeten Materials wird der magnetostruktive Effekt stark reduziert, so daß keine signifikanten Störungen mehr auftreten können. Die übrigen magnetischen Eigenschaften werden nur geringfügig beeinflußt, insbesondere dadurch, daß durch Härten die Wirbelstromverluste kleiner und die Ummagnetisierungsverluste größer werden. Dadurch ist die Gesamtwirkung ziemlich neutral. Eine Auswirkung auf die relative magnetische Permeabilität besteht nicht bzw. ist innerhalb der Toleranz des Ausgangsmaterials. Die Sensibilität eines gehärteten stabförmigen Sensorteils wird somit nicht negativ beeinflußt, aber die Dämpfungswirkung deutlich verbessert.

[0014] Die Erfindung wird anhand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 einen elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils,

[0016] Fig. 2 einen stabförmigen Sensorteil mit Spulenordnung,

[0017] Fig. 3 eine Ausführungsform des stabförmigen Sensorteils mit konischer Spitze,

[0018] Fig. 4 einen stabförmigen Sensorteil mit konischer Ausnehmung,

[0019] Fig. 5 einen stabförmigen Sensorteil mit einer gefüllten Ausnehmung,

[0020] Fig. 6 eine Schaltungsanordnung.

[0021] Der in Fig. 1 dargestellte elektromagnetische Aktuator wird im wesentlichen gebildet durch zwei Elektromagneten 1 und 2, die von zwei Gehäuseteilen 3.1 und 3.2 umschlossen sind, die ihrerseits über ein als Distanzteil ausgebildetes Gehäuseteil 3.3 im Abstand zueinander angeordnet und mit ihren Polflächen 4 gegeneinander ausgerichtet sind. In dem vom Distanzteil 3.3 umschlossenen Bewegungsraum zwischen den beiden Polflächen 4 ist ein Anker 5 angeordnet, der über einen Führungsbolzen 6.1 in einer Führung 7 hin- und herbewegbar geführt ist.

[0022] Der Anker 5 steht über einen Federbolzen 6.2, der sich auf dem Führungsbolzen 6.1 im Bereich des Ankers 5 auf diesem abstützt, mit einer Rückstellfeder 8 in Verbindung. Das andere untere freie Ende 9 des Führungsbolzens 6.1 stützt sich hierbei auf einem Stellglied, beispielsweise dem freien Ende des Schaftes 11 eines Gaswechselventils ab, das in dem hier nur angedeuteten Zylinderkopf 12 einer Kolbenbrennkraftmaschine geführt ist. Durch eine Rückstellfeder 13 wird das Gaswechselventil in Schließrichtung (Pfeil 11.1) beaufschlagt, wobei die Rückstellfeder 13 und die Rückstellfeder 8 in ihrer Kraftrichtung gegeneinander gerichtet sind, so daß bei stromlos gesetzten Elektromagneten der Anker 5 entsprechend seine Ruheposition zwischen den beiden Polflächen 4 der beiden Elektromagneten 1 und 2 einnimmt, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Befindet sich das Gaswechselventil in seiner Schließstellung, dann liegt der Anker 5 an der Polfläche 4 des Schließmagneten 1 an. Dabei hebt das freie Ende 9 des Führungsbolzens 6.1 geringfügig, d. h. um das Maß des Ventilspiels vom freien Ende des Schaftes 11 ab.

[0023] Die Gehäuseteile 3.1 und 3.2 der beiden Elektromagneten umschließen jeweils einen vorzugsweise quaderförmigen Jochkörper 14, die mit Ausnehmungen versehen sind, in die eine ringförmig ausgebildete Spule 15 eingelegt ist, die jeweils über eine hier nicht näher dargestellte Steuereinrichtung zum Öffnen und Schließen des Gaswechselventils abwechselnd bestrombar sind.

[0024] An dem dem Gaswechselventil abgekehrten Ende des Aktuators ist eine Sensoranordnung 16 vorgesehen, die im wesentlichen aus einem stabförmigen Sensorteil 17 gebildet wird, der mit diesem fest verbunden ist und praktisch eine Verlängerung des Federbolzens 6.2 darstellt. Der stabförmige Sensorteil 17 ist von einer Spulenordnung 18 umschlossen, die mit einer Spannungsversorgung und Signalerfassung 19 verbunden ist. Im Betrieb wird durch die Hin- und Herbewegung des stabförmigen Sensorteils 17 die elektrische Güte der Spulenordnung 18 verändert. Diese Veränderung ist proportional zum Weg des Sensorteils und damit proportional zum Weg des Ankers 5 bzw. des Stellelementes 11. Die Wirkungsweise wird nachstehend noch näher erläutert.

[0025] Trifft nun der Führungsbolzen 6.1 nach der Freigabe durch den Schließmagneten nach Durchlaufen des Ventilspiels auf den Schaft 11 auf, dann wird durch diese Stoßbeanspruchung der Federbolzen 6.2 und damit das mit ihm verbundene stabförmige Sensorteil 17 mechanisch zu Körperschallwellen angeregt, die zwischen den beiden Endflächen reflektiert werden und die die Bewegung des stabförmigen Sensorteils überlagern und damit ein Störsignal erzeugen.

[0026] In Fig. 2 ist eine Ausführungsform für eine Sensoranordnung dargestellt, bei der der stabförmige Sensorteil 17 von einer zweiteiligen Spulenordnung 18 umfaßt ist, die über entsprechende Zuleitungen 20, 21 und 22 mit der Spannungsversorgungs- und Auswerteinrichtung 19 verbunden ist.

[0027] Der dargestellte stabförmige Sensor 17 ist mit einem Ring 23 aus einem elektrisch leitendem Material mit geringem ohmschen Widerstand, einem sogenannten Kurzschlußring versehen. Eine derartige Sensoranordnung arbeitet nach dem Wirbelstromprinzip. Wird die Spulenordnung 18 mit einem hochfrequenten Wechselstrom beaufschlagt, so daß durch die Spulenordnung ein hochfrequentes Magnetfeld erzeugt wird, dann wird im Kurzschlußring infolge der entstehenden Wirbelströme ein magnetisches Gegenfeld erzeugt. Wird nun der stabförmige Sensorteil 17 mit seinem Kurzschlußring 23 relativ zu den Spulen 18.1 und 18.2 bewegt, dann wirkt das magnetische Gegenfeld dem verursachenden hochfrequenten Magnetfeld der Spulenordnung 18 in Form einer Feldverdrängung und Feldschwächung entgegen. Dies macht sich nach außen durch eine Änderung der Spulencharakteristiken bemerkbar, die von der relativen Bewegung des Kurzschlußringes 23 am stabförmigen Sensorteils 17 abhängig ist, so daß hierdurch die Position und damit der Weg des Sensorteils 17 über ein entsprechendes Signal erfaßt werden kann. Die Charakteristik der beiden Spulen 18.1 und 18.2 ist jeweils durch ihre Induktivität und ihre elektrische Güte gegeben, wobei die elektrische Güte durch das Verhältnis von Blindleistung zu Wirkleistung angegeben wird.

[0028] Besonders effektiv arbeitet eine derartige Sensoranordnung, wenn der stabförmige Sensorteil 17 aus einem ferritischen Material besteht, auf dem der Kurzschlußring 23 aus Kupfer angeordnet ist.

[0029] Bezogen auf die Anordnung gem. Fig. 1 ist in Fig. 2 die Meßstelze in Öffnungsstellung des Gaswechselventils dargestellt.

[0030] Bewegt sich die Meßstelze mit dem Kurzschlußring 23 in die Schließstellung (Pfeil 11.1), dann bewirkt das von den Wirbelströmen im Kurzschlußring 23 erzeugte magnetische Gegenfeld die vorbeschriebene bewegungsabhängige Veränderung der Güte der Spule 18.1 einerseits und der Spule 18.2 andererseits.

[0031] Um die nun zuvor beschriebene Reflektion von Körperschallwellen im Federbolzen 6.2 und damit auch im

stabförmigen Sensorteil 17 an dessen ebener Endfläche 24 zu vermindern oder zu unterdrücken, ist bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform der stabförmige Sensorteil 17 mit einer konisch zulaufenden Endfläche 24 versehen. Der Konuswinkel ist möglichst schlank ausgebildet, um eine Reflektion von Körperschallwellen in Längsrichtung dadurch zu unterbinden, daß diese im wesentlichen gegen die Umfangswandung reflektiert werden. Zweckmäßig ist hierbei, wenn die Länge der konischen Endfläche 24 etwa dem sechsfachen des Durchmessers des stabförmigen Sensorteils 17 entspricht. Die Endfläche muß nicht zwangsläufig einem Konus im geometrischen Sinne entsprechen, sondern kann auch als Ellipsoid oder dergleichen ausgebildet sein. Ganz allgemein ist es zweckmäßig, wenigstens eine zur Längsachse des Sensorteils 17 geneigt verlaufende Endfläche vorzusehen, beispielsweise durch mehrere Einkerbungen oder auch durch einen einfachen Schrägabschnitt. [0032] In Fig. 4 ist eine Ausführungsform dargestellt, bei der statt einer Spitze eine Ausnehmung 25 vorgesehen ist. Die Ausnehmung kann zylindrisch ausgebildet sein, zweckmäßig ist jedoch eine konische Ausnehmung, die sich mindestens bis in den Bereich des Kurzschlußringes 23 erstreckt.

[0033] Fig. 5 zeigt eine weitere Abwandlung. Bei dieser Abwandlung ist der Federbolzen 6.2 über einen großen Teil seiner Länge mit einer axialen Bohrung versehen bzw. rohrförmig ausgebildet, wobei der Innenraum mit einem Material 26 ausgefüllt ist, das einen anderen, vorzugsweise niedrigeren E-Modul aufweist als das Material des Federbolzens 6.2.

[0034] Neben diesen rein "geometrischen" Mitteln zur Verminderung bzw. Unterdrückung von Körperschallwellen besteht in weiterer Ausgestaltung die Möglichkeit, daß als stabförmigen Sensorteil dienende Ende des Federbolzens 6.2, das aus einem Eisenwerkstoff besteht, durch Härten in seinen magnetischen Eigenschaften zu verändern.

[0035] Der Kurzschlußring 23 kann durch einen Kupfering mit diskreter Wandstärke gebildet werden oder aber auch durch eine dünne galvanisch aufgetragene Kupferschicht oder eine Schicht aus einem anderen elektrisch gut leitendem Material.

[0036] In Fig. 6 ist schematisch eine Schaltung für die Meßwerterfassung in Form einer Trägerfrequenzmeßbrücke dargestellt. Die beiden Spulen 18.1 und 18.2 der Spulenordnung 18 sind mit zwei weiteren Bauteile, vorzugsweise Widerstände oder Spulen 18.3 und 18.4 zu einer Trägerfrequenzmeßbrücke 27 zusammengeschaltet. Die Brücke 27 wird über wenigstens einen Frequenzgenerator 28 mit einem hochfrequenten Wechselstrom gespeist. Zweckmäßig ist die Speisung über zwei gegenphasig arbeitende Frequenzgeneratoren 28.1 und 28.2.

[0037] Wird nun der hier nur schematisch dargestellt stabförmige Sensorteil 17 mit seinem Kurzschlußring 23 relativ zu den beiden Spulen 18.1 und 18.2 der Frequenzbrücke 27 bewegt, dann erfolgt eine Beeinflussung der Induktivität und der Güte der Spulen 18.1 und 18.2 durch das Gegenfeld des Wirbelstromrings. Hierdurch wird durch eine von der Position des Kurzschlußringes 23 gegenüber den beiden Spulen 18.1 und 18.2 abhängige "Versimmung" der Frequenzbrücke 27 bewirkt, die über einen Differentialverstärker und Bandpaßfilter 29 erfaßt werden kann. Mittels Demodulator 30 und Tiefpaßfilter 31 kann dann ein wegproportionales Signal erzeugt werden, das für die Zwecke einer Steuerung, beispielsweise der Ansteuerung der Gaswechselventile verarbeitet werden kann. Der Vorteil besteht darin, daß das Signal während des ganzen Ankerweges ansteht, so daß auch während der Ankerbewegung durch eine Ansteuerung

auch des freigebenden Magneten auf die Ankerbewegung Einfluß genommen werden kann. Durch die erfindungsgemäße Dämpfung der negativen Einflüsse von Körperschall infolge Stoßbeanspruchung kann ein praktisch "rauschfreies" Signal erzeugt werden, das auch hohe Genauigkeitsanforderungen erfüllt.

Patentansprüche

1. Sensoranordnung zur Erfassung der Bewegung eines Ankers (5) an einem elektromagnetischen Aktuator zur Betätigung eines Stellgliedes, insbesondere zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer Kolbenbrennkraftmaschine, mit einem aus einem weichmagnetischen Material bestehenden, axial bewegten stabförmigen Sensorteil (17), das mit einem Ring (23) aus elektrisch leitendem Material mit geringem ohmschen Widerstand versehen ist und das mit dem Stellelement in Verbindung steht, sowie mit einer feststehenden, den stabförmigen Sensorteil (17) zumindest über eine Teillänge umfassenden Spulenordnung (18), die wenigstens zwei hintereinander angeordnete Spulen (18.1, 18.2) aufweist und die mit einer Spannungsversorgung und einer Signalerfassung (19) in Form einer Trägerfrequenzmeßbrücke in Verbindung steht, wobei der stabförmige Sensorteil (17) Mittel zur Verminderung von Störspannungen aufweist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verminderung von Störspannungen Mittel zur Dämpfung von im stabförmigen Sensorteil (17) sich ausbreitenden Körperschallwellen vorgesehen sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Dämpfung von Körperschallwellen das freie Ende des stabförmigen Sensorteils wenigstens eine zur Längsachse des stabförmigen Sensorteils geneigt verlaufende Endfläche aufweist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Endfläche durch ein konisch auslaufendes Endstück (24) gebildet wird.
5. Anordnung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Dämpfung von Körperschallwellen ein konisch auslaufendes Ende (24) am stabförmigen Sensorteil (17) vorgesehen ist.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Ausnehmung (25) konisch zulaufend ausgebildet ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmung mit einem magnetisch durchlässigen Material (26) ausgefüllt ist, das einen anderen, vorzugsweise niedrigeren E-Modul aufweist, als das Material des ersten Sensorteils (17).
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der aus einem weichmagnetischen Material, insbesondere einem Eisenwerkstoff bestehende stabförmige Sensorteil (17) als Mittel zur Unterdrückung von Störspannungen gehärtet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

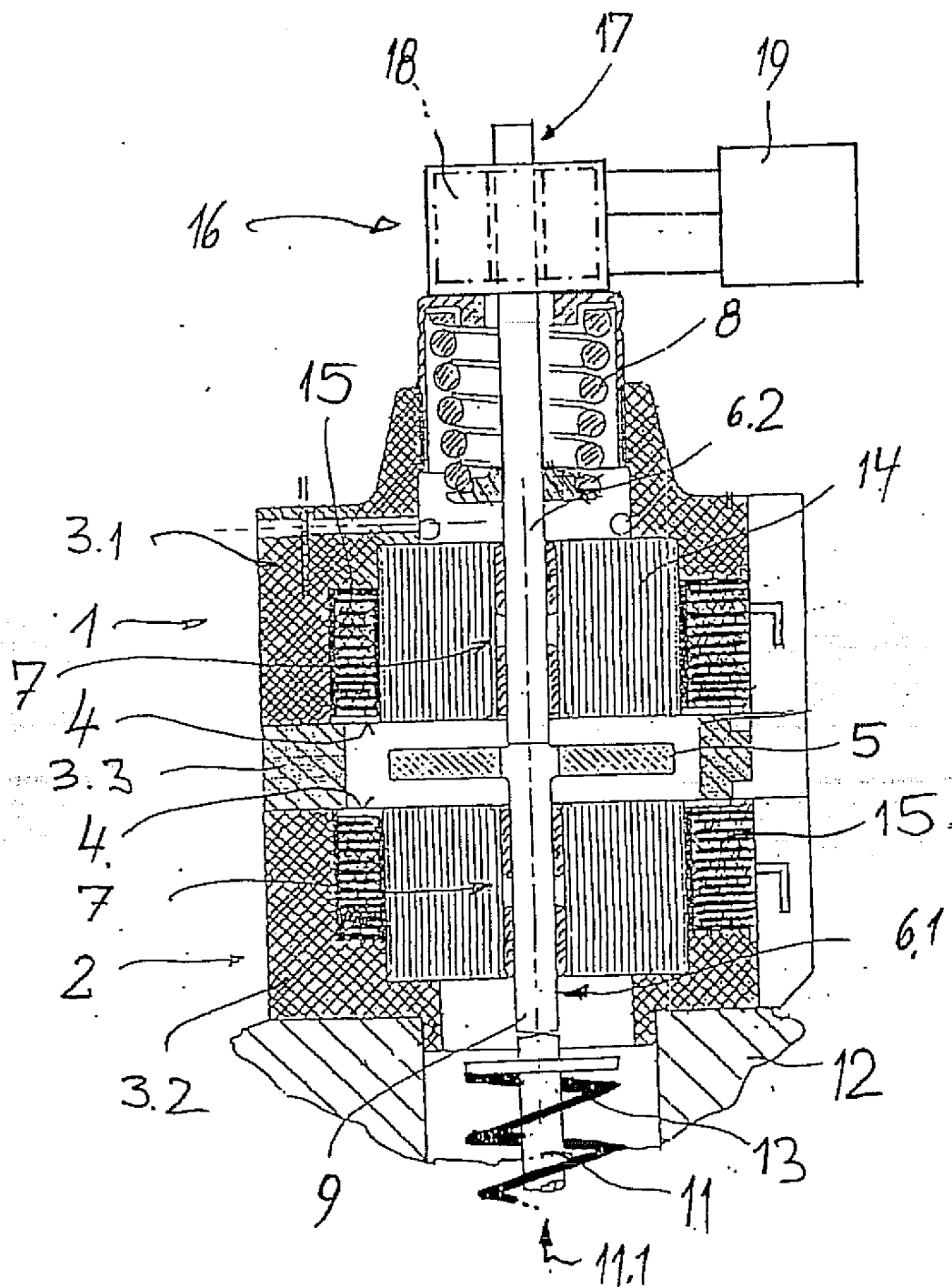


Fig. 1

